

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-345415

(43)Date of publication of application : 20.12.1994

(51)Int.Cl.

C01B 33/02

C30B 29/06

(21)Application number : 06-008725

(71)Applicant : SAMSUNG ELECTRON CO LTD

(22)Date of filing : 28.01.1994

(72)Inventor : LEE JEA-WON

(30)Priority

Priority number : 93 9309354

Priority date : 27.05.1993

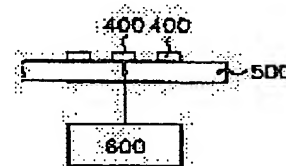
Priority country : KR

## (54) PRODUCTION OF POLYCRYSTALLINE SILICON AND APPARATUS THEREFOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To easily obtain a polycrystalline silicon (P-Si) consisting of large and uniform crystalline particles through low temp. process by preheating, melting and recrystallizing a-Si on a substrate with first and second light sources.

CONSTITUTION: By using a second light source 600 (such as Ar laser and YAG laser), an energy is supplied to a substrate 500 either from foreside or from backside to preheat a-Si film 400 formed on the substrate 500. Subsequently a first light source (excimer laser) is set at the foreside of the substrate 500 and an energy is supplied to heat and melt the a-Si 400 which has been preheated as described. The melted a-Si is recrystallized with heating by the second light source 600.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

16.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-345415

(43) 公開日 平成6年(1994)12月20日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 0 1 B 33/02		E 7202-4G		
C 3 0 B 29/06		B 8216-4G		

審査請求 未請求 請求項の数32 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-8725

(22) 出願日 平成6年(1994)1月28日

(31) 優先権主張番号 93P9354

(32) 優先日 1993年5月27日

(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

(71) 出願人 390019839

三星電子株式会社

大韓民国京畿道水原市八達区梅庭洞416

(72) 発明者 イ ジェウォン

大韓民国ソウル特別市江南区道谷1洞951

-20番地恩光ビル2棟201號

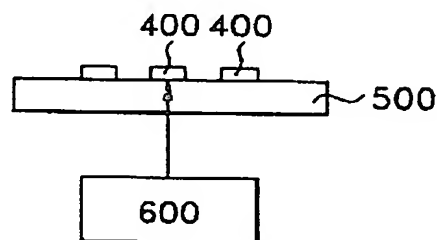
(74) 代理人 弁理士 八田 幹雄

(54) 【発明の名称】 多結晶シリコンの製造方法および装置

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 多結晶シリコンの製造方法および製造装置を提供する。

【構成】 基板500に形成されたa-Si薄膜400を再結晶する方法において、第2光源600で基板500に備えられた薄膜状のa-Si400を予備加熱する段階と、第1光源100で前記第2光源600により予備加熱されたa-Siを加熱して熔融する段階と、第2光源600により熔融されたa-Siを加熱しながらシリコンを再結晶させる段階を含むことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板に形成されたa-Si薄膜を再結晶する方法において、

第2光源で基板に備えられた薄膜状のa-Siを予備加熱する段階と、

第1光源で前記第2光源により予備加熱されたa-Siを加熱して熔融する段階と、

第2光源により熔融されたa-Siを加熱しながらシリコンを再結晶させる段階を含むことを特徴とする多結晶シリコン製造方法。

【請求項2】 前記予備加熱する段階で第2光源は基板の前方あるいは後方でエネルギーを加え、そして第1光源は薄膜状a-Siの形成された基板の前方に位置しエネルギーを加えることを特徴とする請求項1に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項3】 前記第1光源としてエキシマレーザーを用いることを特徴とする請求項1に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項4】 前記第2光源としてアルゴンレーザー、YAGレーザー、ルビーレーザーおよびヘリウム-ネオンレーザーの中のいずれか一つを用いることを特徴とする請求項3に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項5】 前記第2光源としてアルゴンレーザー、YAGレーザー、ルビーレーザーおよびヘリウム-ネオンレーザーの中のいずれか一つを用いることを特徴とする請求項1に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項6】 前記第2光源からのエネルギーは前記予備加熱段階、熔融段階および前記再結晶段階にかけて供給することを特徴とする請求項1に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項7】 前記第2光源から前記エネルギーを連続的またはパルス状で不連続的に供給することを特徴とする請求項6に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項8】 前記第2光源からのエネルギーを前記予備加熱段階と熔融段階および前記再結晶段階にかけて供給することを特徴とする請求項3に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項9】 前記第2光源から前記エネルギーを連続的またはパルス状で不連続的に供給することを特徴とする請求項8に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項10】 前記第2光源からのエネルギーを前記予備加熱段階、熔融段階および前記再結晶段階にかけて供給することを特徴とする請求項4に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項11】 前記第2光源から前記エネルギーを連続的またはパルス状で不連続的に供給することを特徴とする請求項10に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項12】 多結晶シリコンを製造する方法において、

基板に断熱層を形成する段階と、

前記断熱層上にa-Si薄膜を形成する段階と、

第2光源で前記a-Siを予備加熱する段階と、

第1光源で予備加熱されたa-Siを加熱して熔融する段階と、

第2光源で熔融されたa-Siを加熱しながらシリコンを再結晶させる段階を含むことを特徴とする多結晶シリコン製造方法。

【請求項13】 前記断熱層をSiO<sub>2</sub>、Si、N<sub>2</sub>の中のいずれか一つで製造することを特徴とする請求項12に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項14】 前記予備加熱する段階で第2光源は基板の前方あるいは後方でエネルギーを加え、そして第1光源は薄膜状a-Siの形成された基板の前方に位置しエネルギーを加えることを特徴とする請求項12に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項15】 前記断熱層をSiO<sub>2</sub>、Si、N<sub>2</sub>の中のいずれか一つで製造することを特徴とする請求項14に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項16】 前記第1光源としてエキシマレーザーを用いることを特徴とする請求項12に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項17】 前記第2光源としてアルゴンレーザー、YAGレーザー、ルビーレーザーおよびヘリウム-ネオンレーザーの中のいずれか一つを用いることを特徴とする請求項16に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項18】 前記第2光源としてアルゴンレーザー、YAGレーザー、ルビーレーザーおよびヘリウム-ネオンレーザーの中のいずれか一つを用いることを特徴とする請求項12に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項19】 前記第2光源からのエネルギーは前記予備加熱段階、熔融段階および前記再結晶段階にかけて供給することを特徴とする請求項17に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項20】 前記第2光源は前記エネルギーを連続的またはパルス状で不連続的に供給することを特徴とする請求項19に記載の多結晶シリコン製造方法。

【請求項21】 基板の前面に形成された薄膜状a-Siを再結晶化させ多結晶シリコンに製造する装置において、

40 前記基板の前方に位置しa-Siの臨界エネルギー密度以上のエネルギーを供給する第1光源と、

前記a-Siの臨界エネルギー密度以下のエネルギーを供給する基板の前方あるいは後方に位置する第2光源を具備することを特徴とする多結晶シリコン製造装置。

【請求項22】 前記第1光源としてエキシマレーザーを備えることを特徴とする請求項21に記載の多結晶シリコン製造装置。

【請求項23】 前記第2光源としてはアルゴンレーザー、YAGレーザー、ルビーレーザー、ヘリウム-ネオンレーザー発生装置の中のいずれか一つを備えることを

特徴とする請求項22に記載の多結晶シリコン製造装置。

【請求項24】 前記第2光源としてはアルゴンレーザー、YAGレーザー、ルビーレーザー、ヘリウム-ネオンレーザー発生装置の中のいずれか一つを備えることを特徴とする請求項21に記載の多結晶シリコン製造装置。

【請求項25】 前記第2光源は前記レーザー発生装置から発生したレーザー光を前記薄膜状a-Siに伝達する伝達光学系と、伝達される光を遮断および通過させエネルギーがパルスの形に供給されるようにする供給制御装置を具備することを特徴とする請求項21に記載の多結晶シリコン製造装置。

【請求項26】 前記供給制御装置はAOD、回転多面鏡を利用したポリゴンミラー、チョッパ中の最小限いずれか一つを備えることを特徴とする請求項25に記載の多結晶シリコン製造装置。

【請求項27】 前記伝達光学系はエネルギー密度の増加された集束されたビームを形成するための伝達媒体を備えることを特徴とする請求項26に記載の多結晶シリコン製造装置。

【請求項28】 前記伝達媒体として多数の石英光ファイバーで形成されたファイバー束よりなる光伝達媒体を備えることを特徴とする請求項27に記載の多結晶シリコン製造装置。

【請求項29】 前記光伝達媒体の光入射側面と出射側面には光損失を防ぐための無反射コーティング層が備えられたことを特徴とする請求項28に記載の多結晶シリコン製造装置。

【請求項30】 前記伝達光学系はエネルギー密度の増加された集束されたビームを形成するための伝達媒体を備えることを特徴とする請求項25に記載の多結晶シリコン製造装置。

【請求項31】 前記伝達媒体として多数の石英光ファイバーで形成されたファイバー束よりなる光伝達媒体を備えることを特徴とする請求項30に記載の多結晶シリコン製造装置。

【請求項32】 前記光伝達媒体の光入射側面と出射側面には光損失を防ぐための無反射コーティング層が備えられたことを特徴とする請求項31に記載の多結晶シリコン製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、多結晶シリコンの製造方法および装置に係り、特に薄膜状非晶質シリコン(thin film Amorphous Silicon; a-Si)をレーザーを利用し多結晶化する多結晶シリコン(Polycrystalline Silicon; p-Si)の製造方法および装置に関する。

【0002】

【従来技術】 一般的にp-Siは、DRAM(Direct R

andom Access Memory) 半導体素子や多結晶シリコン薄膜トランジスター(Thin Film Transistor; TFT)を使用したLCD(Liquid Crystal Display)あるいはCIS(Contact Image Sensor)等に広く用いられている。従来のp-Siの製造方法は、a-Siあるいは微晶質シリコン(Micro-crystalline Silicon;  $\mu$ -Si)などを1000℃付近の高温で熱処理する固相結晶化(SPC: Solid Phase Crystallization)法とエキシマレーザーをa-Siあるいは微晶質シリコンの表面に照射し熔融結晶化させるエキシマレーザーアニーリング(ELA: Excimer Laser Annealing)法がある。

【0003】 このような製造方法に対し米国特許4,851,363号、4,880,753号、特開昭62-104117、特開昭63-119576、特開昭64-254150、特開平2-33935、特開平2-143559、英国特許GB2,169,442号などが様々な形で提示している。

【0004】 前記SPC法は、特性が均一なp-Siが製造できるが素材であるa-Siが高温で熱処理されるので用いられる基板の条件に対する制約が多くて安価なガラス基板の使用が不可能になるという短所がある。

【0005】 そして、関連技術文献であるオプトロニクス(OPTRONICS, NO8, 1991, PP53. IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS, VOL.10, NO8, AUGUST 1989, PP349)によれば、600℃付近での低温熱処理方法が提案されているが、この方法でも同様に安価なガラス基板を使用することはできない。

【0006】 このような問題を改善するために、a-Siに対する光吸収力が高いエキシマレーザーを利用し熱処理する前記ELA法が適用される。ELA法に用いられるエキシマレーザーは、短波長の短い周期のパルスを形成するので、a-Siの表面に大部分の光エネルギーが吸収され基板に対する熱伝達が少なく、これにより基板に熱的な変形を与えない有利なアニーリング条件を有する。また、この方法により動作速度が優れた素子、例えばTFTまたはTFT-LCDが製造できる。

【0007】 しかしながら、この方法に使用されるレーザーパルスのライフタイムがわずかに10ないし20nsであって、レーザーのPPES(Pulse to Pulse Energy Stability)が不安定になり、そしてビームとビームが重なって照射された部分の特性劣化により基板の全体面を均一に熱処理することが困難である。すなわち、図1と図2に示した通り、前記ELA法による多結晶シリコン製造装置は、光源であるエキシマレーザー装置10とエキシマレーザービームをガラス基板30に形成されたa-Si薄膜40までエネルギー分布を空間的に均一化させ伝達するビーム伝達光学系20を備える。前記ELA法による多結晶シリコン製造装置では、エキシマレーザービームがa-Siの表面に達する瞬間、a-Siに吸収されたレーザーの光エネルギーは熱エネルギーに変

換される。従って、 $a-Si$ は、熱エネルギーにより再結晶化されるが、熔融および再結晶化過程が約100ないし500nsの間非常に短く起こる。このように結晶化にかかった時間が大変短いのでELA法により結晶化された多結晶シリコンの粒子サイズは数百Åに過ぎない。また、多結晶シリコンの特性は、エネルギー密度変化に敏感に変化するのでレーザービームが重畳され照射された部分とそうでない部分とのレーザー自体の光エネルギー出力偏差による結晶化状態の程度の差が激しく生ずる。

【0008】このような問題を解決するために、基板を加熱しながらELAを施す方法が1991年SSDM (Solid State Devices Materials) に提案されている。この方法が提案された文献には、基板を加熱しながらELAを施し結晶化速度を遅くすれば、結晶の粒子大きさが増加し、そしてレーザービームが重畳されて照射された部分でも安定した結晶化が起こるようになる述べられている。

【0009】しかしながら、このような方法を通じて基板を加熱することには基板自体が耐えられる温度が限定されているので基板を十分に加熱できず、また加熱時間が必要なので生産性も低下する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、600℃の低温下でも均質の多結晶シリコンが製造できる多結晶シリコンの製造方法および装置を提供することである。

【0011】また、本発明の他の目的は、ディスプレイ素子において高価の石英でない安価なガラスを基板材料として使用できる多結晶シリコンの製造方法および装置を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するために本発明の多結晶シリコン製造方法は、基板に形成された $a-Si$ 薄膜を再結晶する方法において、第2光源で基板に備えられた薄膜状の $a-Si$ を予備加熱する段階と、第1光源により予備加熱された $a-Si$ を加熱して熔融する段階と、第2光源により熔融された $a-Si$ を加熱しながらシリコンを再結晶させる段階を含む。

【0013】前記の目的を達成するために本発明の他の多結晶シリコン製造方法は、基板に断熱層を形成する段階と、前記断熱層上に $a-Si$ 薄膜を形成する段階と、第2光源で前記 $a-Si$ を予備加熱する段階と、第1光源で予備加熱された $a-Si$ を加熱して熔融する段階と、第2光源で熔融された $a-Si$ を加熱しながらシリコンを再結晶させる段階を含む。

【0014】前述した本発明の製造方法において、前記 $a-Si$ を予備加熱する段階で第2光源は基板の前方あるいは後方で基板にエネルギーを照射するようにし、そして第1光源は薄膜状 $a-Si$ が形成された基板の前方

に位置しエネルギーを放出するようにすることが望ましい。そして、前記断熱層の素材として $SiO_2$ 、 $Si$ 、 $N$ 、の中のいずれか一つを用いるのが好ましい。

【0015】前記第1光源としてエキシマレーザーを適用し、第2光源としては、対象となる $a-Si$ の臨界エネルギー密度以下のエネルギーを供給することのできるものであれば良く、ガスレーザー、固体レーザー、有機色素レーザー、半導体レーザー、化学レーザーおよびチューナブルレーザーなどの中からレーザーの特性に応じて任意に選択し使用することができるものであり、具体的には、例えば、アルゴンレーザー、YAG (Yttrium-Aluminum-Garnet) レーザー、ルビーレーザーおよびヘリウム-ネオン (He-Ne) レーザーなどの中のいずれか一つを適用することができる。

【0016】前記第2光源からのエネルギーは、前記予備加熱段階と前記再結晶段階にのみならず熔融段階にも供給されることができ、特に連続的だったりパルス状で不連続的に供給できる。

【0017】基板の前面に形成された薄膜状 $a-Si$ を再結晶化させ多結晶シリコンに製造する本発明の製造装置は、前記基板の前方に位置し $a-Si$ の臨界エネルギー密度以上のエネルギーを供給する第1光源と、前記 $a-Si$ の臨界エネルギー密度以下のエネルギーを供給する基板の前方あるいは後方に位置する第2光源を具備する点にその特徴がある。

【0018】また本発明の製造装置において、前記第2光源は連続的または不連続的なエネルギーを前記基板上の $a-Si$ に供給できるようにする。特に、前記第2光源はエネルギーを不連続的に供給できるよう光装置とこの光を前記薄膜状 $a-Si$ に伝達する伝達光学系と、伝達される光を遮断および通過させエネルギーをパルスの形に供給させる供給制御装置を具備する。

【0019】前記供給制御装置としては、AOD (Acousto Optic Deflector)、回転多面鏡を利用したポリゴンミラー (Polygon Mirror)、チョッパ (Chopper) などを適用することができる。

【0020】前記伝達光学系にエネルギー密度の増加された集束ビームを形成するための伝達媒体を具備したものを適用することができる。この伝達媒体の一部として、多数の石英光ファイバーより形成されたファイバー束よりなる光伝達媒体を備えてなるものが好適に用いられる。そして、この光伝達媒体の光入射側面と出射側面には光損失を防ぐための無反射コーティング層を備えてなるものがより好適に適用される。

【0021】

【作用】補助光源または第2光源で第1光源またはエキシマレーザー照射の前後に $a-Si$ を加熱しエキシマレーザー照射の際の臨界エネルギー密度の減少および熔融後の凝固速度低減を試み目的とする良質の $p-Si$ 薄膜を得る。

【0022】

【実施例】以下、添付した図面に基づき本発明を詳細に説明する。

【0023】本発明の多結晶シリコン製造方法は、第1光源と第2光源を通じて基板上に形成されたa-Si薄膜を加熱溶融し、シリコンの第2光源でシリコンの再結晶速度を調節する。これを具体的に説明すれば次の通りである。

【0024】前記第1光源は、a-Si薄膜が形成された基板の前面から光エネルギーを放出し、第2光源は基板の前方あるいは後方から光エネルギーを加える。第2光源は、第1光源からのエネルギーが前記薄膜に供給される前にまず前記薄膜を予備加熱する。この予備加熱によつては前記薄膜が溶融されていないまま内部エネルギーが高く上昇する。薄膜の内部エネルギーがある程度上昇した後は前記第1光源からエネルギーを短く前記薄膜に加え薄膜を溶融させる。この際、第2光源からのエネルギーは続けて供給され、特に第1光源からの光エネルギーの供給が中断された後所定時間供給される。前記第2光源からのエネルギーは、前記第1光源からのエネルギーが供給される間には供給されなくても良い。しかしながら、第1光源からの光エネルギー供給時間が非常に短い場合第1光源からエネルギーが供給される期間にも第2光源からエネルギーが供給されるようにすることが望ましい。前記第2光源からエネルギーを供給することにおいて、基板上の薄膜に対する熱蓄積が起こらないように調整されるべきであり、望ましくは所定周期で供給し第2光源からの熱エネルギー供給量を調節するようにすることが望ましい。

【0025】図3を参照すれば、第1段階では基板500の後方（図面では下方）に備えられた第2光源600で基板500上に形成されたa-Si薄膜400を加熱する。この時の供給された第2光源600からの熱エネルギーは、a-Si薄膜400および基板500に一定量以上蓄積されることが望ましく、特に溶融点以下の一定した温度が保たれるように調節されるべきである。

【0026】第2段階では図4に示した通り、前記基板500の前方（図面では上方）に備えられた第1光源100で前記第2光源600により予備加熱されたa-Si薄膜400を所定時間加熱して溶融させる。

【0027】第3段階では図5に示した通り、溶融されたa-Siに前記第2光源600から適切に調節されたエネルギーを加え、溶融されたa-Siの凝固速度を緩め、これによりSiの再結晶に必要な時間を自然な冷却に必要な時間に比べ相対的に延長させる。

【0028】以上のような過程を経れば、基板上に目的のp-Si薄膜を形成することができる。前記第1光源100は、シリコンの臨界エネルギー密度を有するエキシマレーザー装置を適用することが望ましく、そして第2光源600としては、a-Siの臨界エネルギー密度

以下のエネルギーを供給し得るアルゴン（Ar）レーザー、YAG（Yttrium-Aluminum-Garnet）レーザー、ルビーレーザー、ヘリウム-ネオン（He-Ne）レーザーなどを使用することができる。

【0029】図6ないし図8は、前記第1および第2光源を通じたa-Si薄膜に対するエネルギー供給量を示した時間-エネルギー線図である。

【0030】図6は、一番基本的なエネルギー供給方法であり、前記a-Si薄膜に対し第2光源-第1光源-第2光源の順に成ることを示す。このような方法によると、第2光源によりa-Si膜が予備加熱され内部エネルギーが上昇し約450℃の温度を保ち、この時にa-Siに存する水素が取り除かれる。そして、予備加熱が始まってから所定時間が過ぎた後、第1光源からのエネルギーが短い時間の間供給されればa-Siは約100nsの間溶融され、直ぐ再結晶が始まる。しかしながら、再結晶が起こる間に第2光源からのエネルギーが再び供給されているので再結晶の速度は徐々に成される。このように再結晶化速度を遅くすることにより、所望の均一で大きいサイズの多結晶シリコンを得る。

【0031】図7は、第2光源からエネルギーを予備加熱段階-溶融段階-再結晶段階に達するまで持続的に供給し、第1光源からのエネルギーは第2光源が供給される中の溶融段階に短い時間供給されることを示す。

【0032】図8は、前記の方法とは異なり第2光源のエネルギーをパルス形に供給し、第1光源のエネルギーは第2光源のエネルギーのピーク値を逸脱した時点に供給されることを示す。この際、前記第1光源のエネルギー供給が中断される際に前記溶融中にあるa-Si薄膜に対する蓄積熱が急激に減少されないように、すなわち第1光源によるエネルギーが減少する途中ある程度水準を保つ時に前記第2光源からエネルギーを供給するようにすることが非常に望ましい。

【0033】以上のような本発明の製造方法によれば、予備加熱段階を通じてa-Si薄膜を予備加熱させa-Siの内部エネルギーを一定の水準に上昇維持させると同時に薄膜中に存する水素などを取り除き、そして第1光源を通じてa-Si薄膜を溶融させた後にも第2光源からのエネルギーをa-Si薄膜に続けて供給させることにより溶融されたa-Siの凝固速度を緩め再結晶速度を効果的に緩めることができる。

【0034】このような本発明を実施することにおいて、前記基板に図9に示した通り基板500とa-Si薄膜400との間に断熱層700を備えることにより最上の特性を有するp-Siを形成することができる。この断熱層700は、0.1ないし1μmの厚さを有するSiO<sub>2</sub>、Si、N、などの透明性誘電体を使用する。この断熱層700は、第2光源からの光は透過させるが、a-Si膜から発生した熱は基板500に伝達させない。



【0035】図9を参照すれば、a-Si薄膜400は、基板500と断熱層700により第2光源600と熱的に遮断されている。前記断熱層700は、a-Si薄膜400から発生した熱の基板500側への損失を抑制するだけでなく基板500を高温から保護する機能を有する。前述した通り、前記断熱層700は光透過性なので、基板500の後方から加えられる光エネルギーは、基板500と断熱層700を順に透過した後、a-Si薄膜400に達しa-Si薄膜400を加熱する。前記a-Si薄膜に達した光エネルギーは、熱エネルギーに変化されることによりa-Si薄膜400を加熱し、この際発生した熱は、前記断熱層700により前記基板500に伝導されにくい。さらに予備加熱後第1光源によりa-Si薄膜に高温の熱が発生しても、この高温の熱は前記断熱層700により基板500に伝達されにくく、それほど基板500による損失熱量は少ない。従って、光エネルギーによる熱エネルギーは、a-Si膜に大部分に蓄積されることにより溶融がより容易で速く起こり、そして再結晶の際凝固速度を緩める。

【0036】図10は、以上のような本発明のp-Siを製造することに適したp-Si製造装置を示す。

【0037】本発明の多結晶シリコン製造装置は、第1光源であるエキシマレーザー装置100aとエキシマレーザービームを基板500に形成されたa-Si薄膜400までエネルギー分布を空間的に均一化させ伝達する光束伝達光学系200、第2光源600でa-Si薄膜400を加熱する補助加熱光源装置600aを備える。補助加熱光源装置600aは、アルゴンレーザー、YAGレーザー、ルビーレーザーおよびヘリウム-ネオンレーザーなどの中のいずれか1つである。

【0038】前記エキシマレーザー装置100aは、補助加熱光源装置600aより相対的に高いエネルギーのレーザーを瞬間的に発生し、特にエキシマレーザー装置100aからのレーザービームは、a-Siの融点以上で加熱できる位の高いエネルギーを有する。そして、前記補助加熱光源装置600aからのレーザービームは、融点以下で加熱できる位の相対的に低いエネルギーを有する。これらの二つの装置100a、600aは、a-Si薄膜の形成された基板500の前方あるいは前後方からレーザー光を照射するように配置されている。前記補助加熱光源装置600aは、図11に示した通り、レーザー光源601からのレーザーを反射する反射鏡603および反射鏡603から反射されたレーザー光を前記基板500に伝達する伝達光学系604を備える。

【0039】このような構造に加え前記補助加熱光源装置の光束進行経路上には第2光源の供給制御装置としてレーザービームを周期的なパルス形に変調するための一種の周期的なシャッター602が備えられる。シャッター602としては機械的なシャッターが使用され得る

が、エキシマレーザー装置に連動されるように高速動作されるべきなので、超音波によるレーザー光の偏光装置である通常のAOD (Acousto optic Deflector)、回転多面鏡を利用したポリゴンミラー、チョッパなどが好ましい。

【0040】一方、前記伝達光学系に図12に示したような光伝達媒体605が適用され得る。この光伝達媒体605は、空間的にエネルギー密度が増加された集束されたビームを得るためのものであり、多数の石英ファイバー606より形成された漏斗または鐘形のファイバー束である。前記光伝達媒体605の光出射側面の直径は、a-Si薄膜トランジスタの単位の大きさと似ているようにして光損失を抑制する。そして、光入射側面の直径は、できる限り多くの光を均一に受け入れるべきなので、各単位a-Si薄膜に対応する各ファイバーの光入射側の直径は、出射側の直径に比べ数倍ないし数百倍大きくすることが好ましい。従って、このような構造により光伝達媒体は前述したように漏斗形または鐘形となる。そして、光伝達媒体の光入射側面と出射側面には光損失を防ぐための無反射コーティング層を備える。

【0041】前記光伝達媒体を設けることにおいて、出射光の拡がりを防ぐために光伝達媒体605の出射側面と前記基板500との距離を1mm以下に制限する。

【0042】以上で説明された本発明の製造方法および製造装置は、非晶質シリコンを再結晶化する時結晶化の速度が遅いほど均一で大きい粒子の結晶が形成されるとい一般的事実に基づき、第2光源(補助光源)で第1光源(エキシマレーザー)照射の前後にa-Siを加熱し、第1光源(エキシマレーザー)照射の際の臨界エネルギー密度の減少および溶融後の凝固速度低減をなし、目的の良質のp-Si薄膜を得る。

【0043】

【発明の効果】このような本発明によれば、既存の高温工程でない低温工程でp-Si薄膜を製作することができ、これにより高価の単結晶基板や石英基板を使用せず一般的なソーダガラス基板を使用できる。そして、基板を加熱するための別の加熱装置や時間が要らず生産性が高く予熱過程で脱水素が成されるので、このための別の工程が必要でない。それにこれから得られたp-Siはその結晶粒子が非常に均一で大きいので、動作性能および信頼性の優れた半導体素子またはLCDなどを得ることができ、特に面積が広く集積度の高い素子が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来の多結晶シリコン製造装置の図式的な概略図である。

【図2】 エキシマレーザーの照射されたa-Siのエネルギー時間線図である。

【図3】 本発明の製造方法による多結晶シリコンの製造過程の予備加熱段階を示す。

11

【図4】 本発明の製造方法による多結晶シリコンの製造過程の熔融段階を示す。

【図5】 本発明の製造方法による多結晶シリコンの製造過程の再結晶段階を示す。

【図6】 本発明の製造方法によりエキシマレーザーの照射されたa-Siのエネルギー時間線図である。

【図7】 本発明の製造方法によりエキシマレーザーの照射されたa-Siのエネルギー時間線図である。

【図8】 本発明の製造方法によりエキシマレーザーの照射されたa-Siのエネルギー時間線図である。

【図9】 本発明の基板に対する光照射方法を示した図式的な概略図である。

【図10】 本発明の多結晶シリコンの製造装置の一実施例の図式的な概略図である。

【図11】 本発明の多結晶シリコンの製造装置の第2\*

12

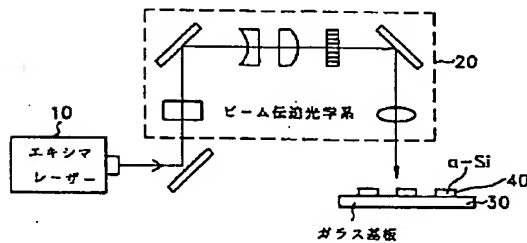
\*光源の図式的な概略図である。

【図12】 図11に示した第2光源の光伝達媒体の抜粋図である。

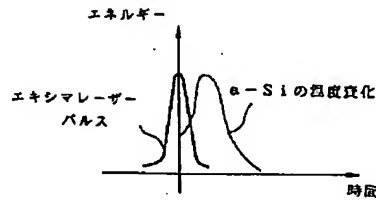
【符号の説明】

10…エキシマレーザー装置、20…ビーム伝達光学系、30…ガラス基板、40…a-Si薄膜、100…第1光源、100a…エキシマレーザー装置、200…ビーム伝達光学系、400…a-Si薄膜、500…基板、600…第2光源、600a…補助加熱光源装置、601…レーザー光源、602…シャッター、603…反射鏡、604…伝達光学系、605…光伝達媒体、606…石英光ファイバー、700…断熱層。

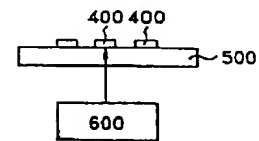
【図1】



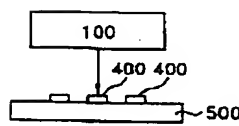
【図2】



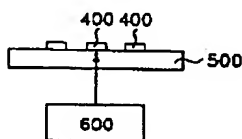
【図3】



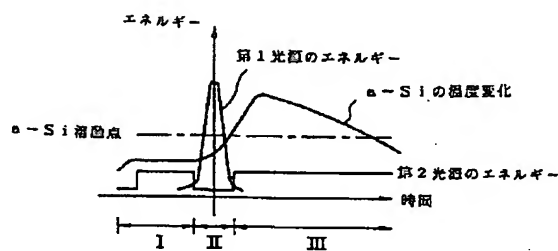
【図4】



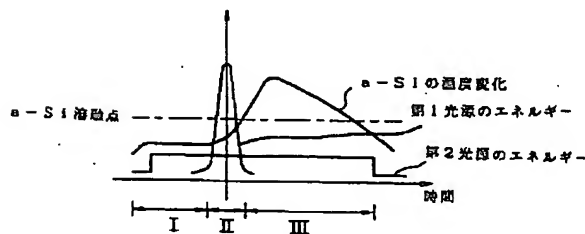
【図5】



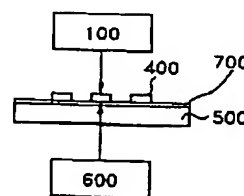
【図6】



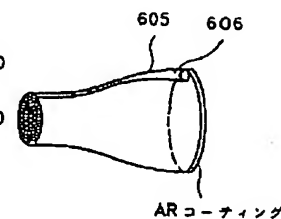
【図7】



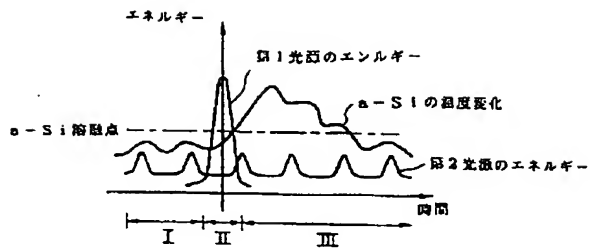
【図9】



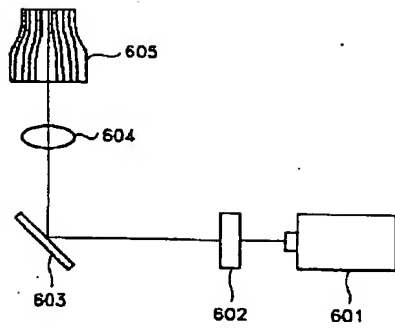
【図12】



【図8】



【図11】



【図10】

